

Tecnologia assistiva no apoio à reabilitação auditiva infantil: identificação de dificuldades e requisitos para uma aplicação digital voltada a usuários de implante coclear

Assistive technology supporting pediatric auditory rehabilitation:
identifying challenges and requirements for a digital application for
cochlear implant users

Mariana Braga Fernandes¹

Jonatas Cerqueira Dias²

RESUMO

O treinamento auditivo domiciliar constitui um complemento importante ao processo de reabilitação de crianças usuárias de implante coclear, mas sua realização pode envolver dificuldades relacionadas à atenção infantil, à organização da rotina e à orientação dos responsáveis. Este estudo tem como objetivo identificar as principais dificuldades enfrentadas por pais e responsáveis na realização dessas atividades e propor requisitos funcionais e não funcionais para uma aplicação digital assistiva de apoio ao treinamento auditivo infantil. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem mista e objetivos exploratórios e descritivos. A metodologia compreendeu a seleção estruturada de publicações científicas, baseada na adaptação do método ProKnow-C, é uma pesquisa de campo com 50 pais ou responsáveis por crianças usuárias de implante coclear, por meio de questionário eletrônico com questões fechadas e abertas. Os dados quantitativos foram submetidos à

¹ Fatec Praia Grande - São Paulo-SP. - Brasil. E-mail: mariana.fernandes@aluno.cps.sp.gov.br

² Fatec Praia Grande - São Paulo-SP. - Brasil. E-mail: jonatas.dias@cps.sp.gov.br

estatística descritiva, enquanto as respostas abertas foram examinadas por análise de conteúdo categorial temática. Os resultados indicaram que a instabilidade da atenção infantil foi a dificuldade mais frequente (44%), seguida pela dificuldade dos responsáveis em definir os exercícios a serem realizados (40%) e pela organização de uma rotina sistemática (38%). Quanto aos recursos desejados, destacaram-se exercícios de compreensão da fala (78%), identificação sonora (72%) e reconhecimento de palavras (68%). Com base nesses achados, foram propostos requisitos que contemplam atividades curtas e interativas, adaptação por faixa etária e nível de habilidade, orientações aos responsáveis, acompanhamento do progresso e lembretes de rotina. Conclui-se que os resultados fornecem subsídios para o futuro desenvolvimento de uma aplicação digital complementar à reabilitação fonoaudiológica, cuja usabilidade e contribuição para o treinamento auditivo ainda deverão ser avaliadas.

Palavras-Chave: Implante coclear; Reabilitação auditiva; Tecnologia assistiva; Aplicação digital; Treinamento auditivo.

ABSTRACT

Home-based auditory training is an important complement to the rehabilitation of children with cochlear implants; however, its implementation may involve challenges related to children's attention, daily routine organization, and caregivers' guidance. This study aims to identify the main difficulties reported by parents and caregivers in conducting these activities and to propose functional and non-functional requirements for a digital assistive application to support pediatric auditory training. This applied research adopts a mixed-methods approach with exploratory and descriptive objectives. The methodology comprised a structured selection of scientific publications based on an adaptation of the ProKnow-C method and a field survey involving 50 parents or caregivers of children with cochlear implants, using an electronic questionnaire with closed-ended and open-ended questions. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, while open-ended responses were examined through thematic categorical content analysis. The results indicated that children's difficulty maintaining attention was the most frequently reported challenge (44%), followed by caregivers' difficulty in selecting appropriate exercises (40%) and establishing a consistent routine (38%). Regarding desired features, speech comprehension exercises (78%),

sound identification (72%), and word recognition (68%) were the most frequently selected options. Based on these findings, requirements were proposed for short and interactive activities, adaptation to age groups and skill levels, caregiver guidance, progress monitoring, and routine reminders. The findings provide a basis for the future development of a digital application intended to complement speech-language rehabilitation. Its usability and contribution to auditory training remain to be evaluated.

Key-Words: Cochlear implant; Auditory rehabilitation; Assistive technology; Digital application; Auditory training.

1 INTRODUÇÃO

A audição desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da linguagem, na comunicação e na interação social durante a infância. A perda auditiva pode representar desafios ao desenvolvimento infantil, tornando importantes a identificação precoce e o acesso a intervenções adequadas. Entre os recursos disponíveis para pessoas com perda auditiva neurossensorial severa a profunda, o implante coclear (IC) possibilita o acesso aos estímulos sonoros por meio da estimulação elétrica das estruturas relacionadas à audição. Entretanto, o uso do dispositivo, isoladamente, não garante o desenvolvimento pleno das habilidades auditivas e linguísticas, sendo necessário considerar a continuidade do processo de habilitação e reabilitação auditiva (RAUTERKUS et al., 2022; BINOS; NIRGIANAKI; PSILLAS, 2021). A reabilitação auditiva infantil envolve atividades direcionadas ao desenvolvimento da percepção e do reconhecimento dos sons, da compreensão da fala e das habilidades comunicativas. Nesse processo, a participação dos familiares assume relevância, uma vez que as experiências auditivas podem ser estimuladas também nas interações cotidianas, complementando o acompanhamento realizado por profissionais especializados. Moradi et al. (2022) destacam a importância do contexto familiar na reabilitação de crianças usuárias de implante coclear. O ambiente domiciliar constitui um espaço importante para a continuidade das práticas de estimulação auditiva, embora sua realização dependa das condições e da organização da rotina de cada família.

Apesar dessa relevância, a realização de atividades de treinamento auditivo em casa pode envolver dificuldades relacionadas à manutenção da atenção e do interesse da criança, à

organização de uma rotina de exercícios, à disponibilidade de atividades adequadas à idade e às habilidades individuais e à segurança dos responsáveis quanto à condução das práticas. Além disso, a atenção auditiva constitui um aspecto relevante para o desenvolvimento linguístico de crianças com implante coclear, conforme discutido por Nicastrì et al. (2023). Esses fatores indicam a necessidade de considerar não apenas os objetivos da reabilitação, mas também as condições práticas em que as atividades são realizadas fora do ambiente clínico.

Diante desse cenário, a tecnologia assistiva e os recursos digitais podem apresentar possibilidades de apoio às organizações e à realização de atividades complementares de treinamento auditivo. Aplicações com exercícios estruturados, interfaces adequadas ao público infantil e orientações direcionadas aos familiares podem contribuir para tornar as práticas domiciliares mais acessíveis e organizadas. Vem crescendo os estudos que buscam investigar jogos digital móvel voltado ao treinamento auditivo de crianças com implante coclear, evidenciando a relevância desse campo de pesquisa (Meral Çetinkaya, Konukseven and İralı, 2024). Contudo, a proposição de uma ferramenta dessa natureza requer a identificação das necessidades dos usuários e a definição de requisitos que considerem tanto as características das crianças quanto as demandas dos responsáveis, sem substituir o acompanhamento fonoaudiológico.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo identificar as principais dificuldades enfrentadas por pais e responsáveis por crianças usuárias de implante coclear na realização do treinamento auditivo domiciliar, bem como estabelecer requisitos funcionais e não funcionais para uma aplicação digital assistiva que contribua para o apoio a essas atividades. Para tanto, a investigação fundamenta-se na articulação entre o levantamento da literatura científica e a pesquisa de campo, sob uma abordagem mista, de natureza aplicada e com objetivos exploratórios e descritivos. A partir da análise das evidências teóricas e das necessidades identificadas junto aos participantes, busca-se estabelecer uma base fundamentada para a especificação de uma solução digital complementar à reabilitação auditiva infantil, considerando as demandas dos usuários e as particularidades do contexto domiciliar.

2 METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem mista (quali-quantitativa), de natureza aplicada e com objetivos exploratórios e descritivos. A investigação visa identificar os desafios vivenciados por crianças usuárias de implante coclear (IC) e por seus responsáveis no treinamento auditivo domiciliar, bem como levantar requisitos funcionais e não funcionais para o direcionamento de uma aplicação digital assistiva complementar.

O desenho metodológico foi estruturado em duas etapas interdependentes: (1) levantamento e seleção de literatura por meio de adaptação do método ProKnow-C; e (2) pesquisa de campo com aplicação de questionário estruturado e semiaberto junto a familiares e cuidadores.

2.1 Seleção e estruturação do referencial bibliográfico (Método ProKnow-C)

Para a constituição de um referencial teórico robusto, estruturado e reproduzível, utilizou-se o método *Knowledge Development Process - Constructivist* (ProKnow-C) (ENSSLIN et al., 2010), concentrando-se na macroetapa de **Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB)** e nas dimensões bibliométricas básicas. Esse processo desenvolveu-se conforme os seguintes procedimentos:

▪ Definição dos eixos temáticos e termos de busca

Foram estabelecidos três eixos de investigação — o sujeito/condição clínica (implante coclear e crianças), a intervenção (habilitação e treinamento auditivo) e o recurso facilitador (tecnologia assistiva e aplicações digitais). Os descritores foram combinados por meio de operadores booleanos (AND e OR) em língua portuguesa e inglesa: ("implante coclear" OR "cochlear implant") AND ("treinamento auditivo" OR "reabilitação auditiva" OR "auditory training" OR "auditory rehabilitation") AND ("crianças" OR "children") AND ("tecnologia assistiva" OR "aplicações digitais" OR "assistive technology" OR "digital applications").

▪ Fontes de busca e recorte temporal

O levantamento foi realizado nas bases eletrônicas *PubMed*, *SciELO* e *Google Acadêmico*, priorizando artigos científicos publicados entre os anos de 2021 e 2026, com vistas a captar o panorama mais recente e as tendências contemporâneas no suporte digital à reabilitação auditiva.

▪ Filtragem e consolidação do Portfólio Bibliográfico

Os registros brutos recuperados foram organizados em planilhas para a exclusão de duplicatas entre as bases. Em seguida, executou-se a triagem progressiva por leitura de títulos e resumos para verificar o alinhamento com a questão de pesquisa (eliminando publicações focadas estritamente em técnicas cirúrgicas ou em populações adultas). Por fim, procedeu-se à leitura na íntegra dos artigos pré selecionados e à verificação do reconhecimento científico (relevância dos autores e número de citações), consolidando o portfólio de artigos que subsidiaram a fundamentação conceitual e a discussão dos dados.

2.2 Pesquisa de campo e instrumentos de coleta

A pesquisa de campo teve caráter empírico-descritivo e visou captar a realidade concreta, a rotina e os anseios das famílias envolvidas no processo de reabilitação auditiva.

▪ Participantes da pesquisa

A amostra foi composta por 50 pais ou responsáveis legais por crianças usuárias de implante coclear. A adesão deu-se por conveniência e de forma voluntária, mediante esclarecimento prévio dos objetivos do estudo e anuência expressa via Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), respeitando preceitos éticos e de sigilo das informações pessoais.

▪ Instrumento de coleta

Foi aplicado um questionário eletrônico estruturado por meio da plataforma *Google Forms*, contendo perguntas fechadas (múltipla escolha e escalas com permissão de marcação múltipla para perfil sociodemográfico, idade da criança,

rotina de exercícios, dificuldades e recursos desejados) e questões abertas destinadas ao relato livre de experiências cotidianas, barreiras e sugestões.

2.3 Tratamento e análise dos dados

O tratamento das informações coletadas seguiu procedimentos diferenciados em função da natureza de cada variável:

▪ Análise Quantitativa

Os dados extraídos das questões fechadas foram tabulados e submetidos à análise estatística descritiva simples, calculando-se frequências absolutas e relativas percentuais para caracterização da amostra, prevalência de barreiras domiciliares e demandas de funcionalidades do sistema.

▪ Análise Qualitativa

As narrativas e justificativas obtidas nas perguntas abertas foram tratadas mediante **Análise de Conteúdo categorial temática**, fundamentada em Bardin (2016). O percurso operacional envolveu a pré-análise com leitura flutuante das respostas; a exploração do material mediante codificação de unidades de sentido (extraíndo menções recorrentes a cansaço, sobrecarga terapêutica, falta de engajamento da criança e insegurança dos pais); e a categorização temática final, cujos relatos ilustrativos foram confrontados com o portfólio teórico levantado.

A convergência entre os achados empíricos da pesquisa de campo e as evidências científicas extraídas do Portfólio Bibliográfico do ProKnow-C serviu de base formal para a especificação dos requisitos funcionais e não funcionais que orientam o projeto da aplicação digital de apoio ao treinamento auditivo infantil.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo reúne conceitos relacionados ao implante coclear, ao processo de reabilitação auditiva e às possibilidades de utilização de recursos tecnológicos como apoio ao treinamento auditivo infantil.

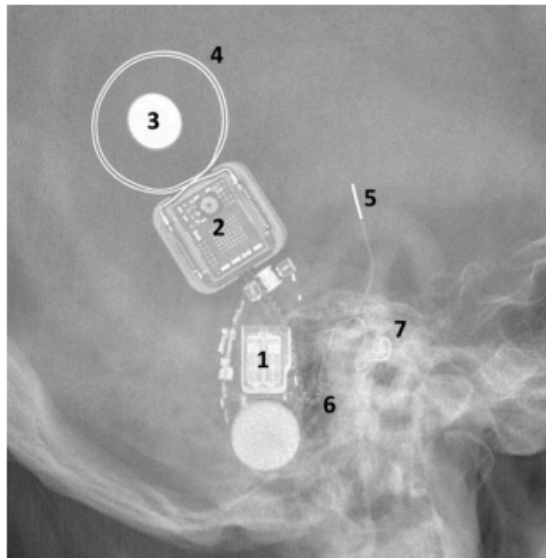
3.1 Implante coclear: conceito e fundamento

O implante coclear (IC) é um dispositivo eletrônico implantado cirurgicamente, desenvolvido para proporcionar acesso à percepção sonora a pessoas com perda auditiva neurossensorial severa a profunda, especialmente nos casos em que a amplificação sonora convencional oferece benefício limitado ou inexistente. Diferentemente de dispositivos que atuam somente por meio da amplificação dos sons, o IC contorna estruturas sensoriais danificadas da cóclea e promove a estimulação elétrica de estruturas relacionadas ao nervo coclear, permitindo que as informações sonoras sejam transmitidas ao sistema auditivo (HIREMATH et al., 2023; AMORIM; SIQUEIRA, 2023).

Entre suas principais finalidades está favorecer a percepção e o reconhecimento da fala em pessoas com perda auditiva neurossensorial. O implante, portanto, não tem apenas a função de possibilitar a detecção da presença de sons, mas também de fornecer informações auditivas que possam contribuir para o reconhecimento e a compreensão da fala (RAUTERKUS et al., 2022).

Diferentemente das próteses auditivas convencionais, o implante coclear não atua apenas por meio da amplificação dos sons. Seu funcionamento está baseado na captação e no processamento das informações sonoras, que posteriormente são convertidas em estímulos elétricos destinados às estruturas relacionadas à audição (AMORIM; SIQUEIRA, 2023). O sistema de implante coclear é constituído por componentes externos e internos. A parte externa compreende elementos como microfone, bateria, processador de fala, ímã externo e antena transmissora, que atuam conjuntamente na captação e no processamento das ondas sonoras. A parte interna inclui ímã, antena, receptor-estimulador e conjunto de eletrodos, responsáveis por receber as informações transmitidas externamente e realizar a estimulação elétrica das estruturas auditivas (HIREMATH et al., 2023).

Figura 1 – Componentes externos e internos do implante coclear



Fonte: Hiremath et al. (2023).

Nota: A radiografia apresenta o processador de fala externo (1), o receptor-estimulador interno (2), o ímã (3), a bobina da antena (4), o eletrodo de referência (5), o trajeto intramastóideo do eletrodo (6) e a matriz de eletrodos intracocleares (7).

Descrição acessível da imagem: Radiografia lateral da cabeça apresentando os principais componentes de um implante coclear: processador de fala externo, receptor-estimulador interno, ímã, bobina de antena, eletrodo de referência, trajeto intramastóideo do eletrodo e matriz de eletrodos intracocleares.

O funcionamento do dispositivo ocorre de maneira integrada entre esses componentes. Após a captação e o processamento do som pela unidade externa, as informações são transmitidas ao receptor-estimulador interno. Os impulsos elétricos são então distribuídos ao conjunto de eletrodos implantados na cóclea, promovendo a estimulação das células do gânglio espiral e do nervo coclear. A informação resultante segue pelas vias auditivas para posterior processamento no córtex auditivo (HIREMATH et al., 2023).

Apesar dos benefícios proporcionados pelo dispositivo, a percepção auditiva obtida por meio do implante coclear não reproduz integralmente o funcionamento natural do sistema auditivo. A informação sonora é representada a partir da estimulação elétrica realizada por um conjunto de eletrodos associados a diferentes faixas de frequência. Embora o IC possibilite o acesso aos estímulos sonoros e favoreça a percepção da fala, **existem limitações no processamento de informações acústicas mais complexas**, especialmente aquelas

relacionadas à percepção musical, à diferenciação precisa de frequências e à localização dos sons (RAUTER KUS et al., 2022).

3.2 Reabilitação e treinamento auditivo em usuários de implante coclear)

A utilização do implante coclear está associada a um processo de habilitação e reabilitação voltado ao desenvolvimento das habilidades auditivas e da linguagem. A intervenção precoce exerce papel importante no desenvolvimento comunicativo de crianças com perda auditiva. Entre as abordagens utilizadas encontra-se a Terapia Auditivo-Verbal (TAV), que busca favorecer o uso da audição como principal via sensorial para o desenvolvimento da linguagem oral. Um estudo publicado na “National Library of Medicine” (BINOS; NIRGIANAKI; PSILLAS, 2021), aponta progressos relacionados à compreensão auditiva e ao desenvolvimento da linguagem em crianças usuárias de implante coclear submetidas a essa abordagem, embora os resultados possam variar entre os indivíduos.

O processo de reabilitação pode envolver atividades estruturadas destinadas ao desenvolvimento de diferentes capacidades auditivas, linguísticas e cognitivas (Ashori, 2022). Os efeitos da Terapia Auditivo-Verbal em crianças do estudo com implante coclear, utilizou um programa composto por 20 sessões realizadas ao longo de dez semanas. As atividades incluíram aspectos relacionados à atenção aos sons, localização de fontes sonoras, processamento auditivo, linguagem receptiva, memória auditiva, vocabulário e comunicação. Os resultados indicaram efeitos positivos da intervenção sobre funções executivas, incluindo memória de trabalho, controle inibitório, organização e planejamento, evidenciando que o processo de reabilitação pode envolver aspectos que ultrapassam a simples percepção dos estímulos sonoros. Além das atividades direcionadas à criança, a participação dos responsáveis também integra o processo de reabilitação. Na Terapia Auditivo-Verbal, os objetivos podem ser estabelecidos considerando as necessidades individuais da criança e de seus cuidadores, que participam das sessões e contribuem para o desenvolvimento das habilidades de escuta e comunicação em situações cotidianas (BINOS; NIRGIANAKI; PSILLAS, 2021). Essa participação torna-se especialmente relevante no contexto infantil, uma vez que a continuidade das experiências auditivas não se restringe ao acompanhamento profissional, podendo estar presente nas interações e atividades realizadas no cotidiano da criança.

3.3 Dificuldades e desafios no treinamento auditivo infantil

O treinamento auditivo infantil em crianças usuárias de implante coclear envolve desafios que ultrapassam o uso do dispositivo, abrangendo aspectos como o acesso aos serviços especializados, a continuidade da reabilitação e a participação dos familiares nas atividades cotidianas. No Brasil, essas questões devem ser consideradas de acordo com as diferenças regionais na oferta de atendimento e das dificuldades que algumas famílias enfrentam para dar continuidade ao acompanhamento especializado.

Um dos desafios está relacionado ao acesso ao diagnóstico, ao tratamento e à reabilitação auditiva. Embora o Sistema Único de Saúde (SUS) disponibilize serviços especializados para pessoas com deficiência auditiva, a realização do implante coclear depende de avaliação clínica, cumprimento dos critérios de indicação e encaminhamento para serviços habilitados (Anjos *et al.*, 2022). Estudos brasileiros apontam dificuldades nesse percurso, ao analisarem pacientes submetidos à cirurgia de implante coclear em um hospital universitário no Pará, identificaram um tempo de espera de seis a 64 meses para a realização do procedimento. Os autores também destacaram a necessidade de melhorar os fluxos de encaminhamento e atendimento, especialmente para evitar atrasos no acesso à cirurgia (Anjos *et al.*, 2022).

Outra evidência foi apresentada em um estudo sobre o acompanhamento de crianças com deficiência auditiva identificadas em um programa de triagem auditiva neonatal em Manaus (Botelho *et al.*, 2023). Entre as 16 crianças que já apresentavam indicação cirúrgica para implante coclear e permaneceram no acompanhamento analisado, apenas três haviam realizado a cirurgia até o encerramento da coleta de dados, enquanto 13 (81,3%) aguardavam na fila de regulação. O estudo também identificou dificuldades relacionadas ao deslocamento, à realização de exames e aos procedimentos administrativos necessários ao atendimento fora do estado (Botelho *et al.*, 2023). Embora os resultados sejam referentes a uma população específica e não possam ser generalizados para todo o Brasil, eles demonstram como fatores geográficos e organizacionais podem dificultar a continuidade do cuidado.

Além do acesso ao procedimento, a continuidade da reabilitação constitui outro aspecto relevante. O implante coclear possibilita o acesso a estímulos sonoros por meio da estimulação elétrica, mas o desenvolvimento das habilidades auditivas e de linguagem

também depende de um processo de reabilitação acompanhado por profissionais (Moradi *et al.*, 2022). Nesse contexto, a participação familiar pode e deve contribuir para que as habilidades trabalhadas nas sessões sejam estimuladas em situações do cotidiano (Moradi *et al.*, 2022). A importância do apoio familiar na reabilitação de crianças usuárias de implante coclear, reforçando que esse processo não se limita ao atendimento profissional. No ambiente domiciliar, entretanto, a realização das atividades pode ser dificultada por fatores como falta de tempo, dificuldade para estabelecer uma rotina, distração e dificuldade para encontrar exercícios adequados à idade e às habilidades da criança (Nicastri *et al.*, 2023). A atenção auditiva também merece destaque, pois influencia a maneira como os estímulos sonoros são percebidos e processados investigaram a atenção auditiva seletiva em crianças com implante coclear e observaram sua relação com os resultados linguísticos, evidenciando a importância de considerar essa habilidade no desenvolvimento infantil ao longo do processo (Nicastri *et al.*, 2023).

Esses aspectos reforçam a importância de considerar não apenas as atividades realizadas durante a terapia, mas também as condições em que o treinamento é conduzido em casa. Recursos de apoio que ofereçam exercícios organizados, atividades breves, estímulos sonoros adequados e orientações aos responsáveis podem contribuir para facilitar a participação familiar e a continuidade das práticas cotidianas. Estudos recentes sobre jogos digitais voltados ao treinamento auditivo infantil investigam o potencial desses recursos como complemento à reabilitação, considerando aspectos como envolvimento da criança, usabilidade e desenvolvimento de habilidades auditivas (Meral Çetinkaya, Konukseven and İralı, 2024). Diante desse cenário, torna-se pertinente investigar as dificuldades relatadas pelos responsáveis e suas expectativas em relação a ferramentas digitais de apoio ao treinamento auditivo infantil. A identificação dessas necessidades pode orientar a proposição de uma aplicação que reúna atividades adequadas ao perfil da criança e recursos de acompanhamento para os familiares, considerando tanto os desafios do cotidiano quanto a importância da continuidade da reabilitação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise empírica contempla os dados obtidos junto a 50 pais e responsáveis por crianças usuárias de implante coclear (IC), correlacionando os dados quantitativos com os

núcleos temáticos emergentes das respostas qualitativas e com o arcabouço teórico selecionado pelo ProKnow-C. A apresentação estrutura-se em quatro eixos analíticos: perfil sociodemográfico e acompanhamento clínico; barreiras no treinamento domiciliar; demandas de recursos para apoio digital; e análise da experiência prévia com ferramentas tecnológicas.

4.1 Perfil sociodemográfico e contexto do acompanhamento

A amostra investigada é composta predominantemente por mães, responsáveis por 94% das respostas (n=47), enquanto os pais representaram 4% (n=2) e outros responsáveis legais corresponderam a 2% (n=1). No tocante à faixa etária dos usuários de IC, evidencia-se a concentração na primeira infância e na fase pré-escolar: 44% das crianças (n=22) possuíam até três anos e 28% (n=14) tinham entre quatro e seis anos, totalizando 72% de indivíduos com até seis anos de idade. Crianças de sete a nove anos representaram 16% (n=8), de dez a doze anos, 10% (n=5), e a partir de 13 anos, 2% (n=1). Essa distribuição converge com as diretrizes de diagnóstico e intervenção auditiva precoce, etapa na qual a plasticidade cortical auditiva favorece o desenvolvimento da linguagem oral (MORADI et al., 2022).

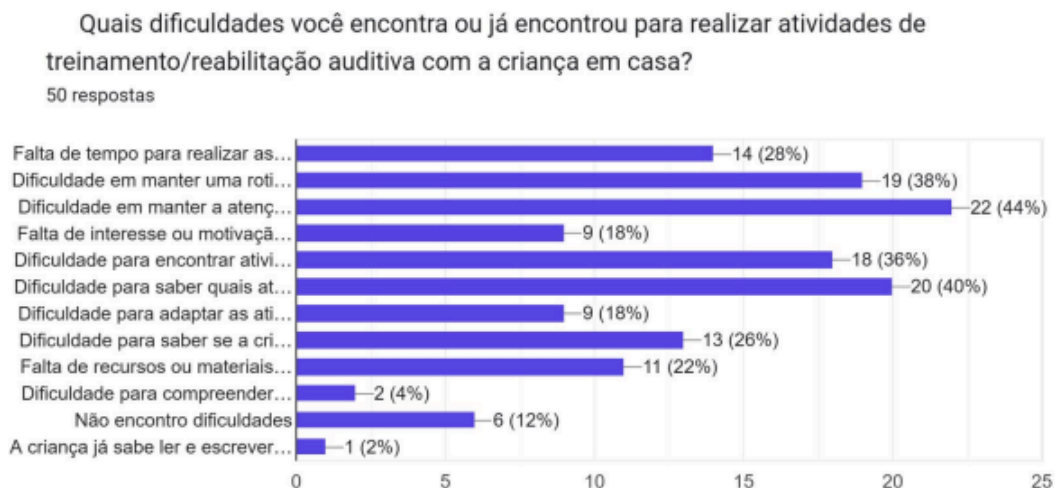
Quanto à modalidade assistencial do procedimento cirúrgico, 66% (n=33) foram atendidos por planos de saúde privados, 32% (n=16) pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e 2% (n=1) pela rede particular direta. Em relação ao padrão de implantação, 80% das crianças (n=40) utilizavam estimulação bilateral, 12% (n=6) unilateral, 6% (n=3) adaptação bimodal (implante coclear combinado a prótese auditiva convencional no ouvido contralateral) e 2% (n=1) não souberam precisar o arranjo.

Constatou-se ampla inserção em reabilitação especializada: 84% das crianças (n=42) realizavam acompanhamento fonoaudiológico regular durante a pesquisa, 10% (n=5) já haviam realizado terapias em períodos anteriores e 6% (n=3) nunca haviam tido acesso. Paralelamente, o treinamento no contexto domiciliar integra a rotina da maioria dos núcleos familiares: 60% (n=30) realizavam exercícios com frequência e 34% (n=17) esporadicamente, ao passo que a dedicação diária foi reportada por 34% (n=17) e algumas vezes por semana por 44% (n=22) das famílias. Esses indicadores demonstram alto engajamento parental, reforçando que o lar é extensão indispensável da intervenção clínica (BINOS; NIRGIANAKI; PSILLAS, 2021).

4.2 Barreiras e desafios no treinamento auditivo domiciliar

A investigação acerca dos obstáculos cotidianos evidenciou que a manutenção da adesão da criança e a incerteza metodológica dos responsáveis constituem os principais entraves. Como as opções permitiam seleção múltipla, as frequências indicam a taxa de incidência de cada fator entre os 50 participantes.

Gráfico 1 – Dificuldades identificadas na realização de atividades de reabilitação auditiva domiciliar



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

A instabilidade da atenção infantil figurou como a barreira mais representativa (44%; n=22), secundada pela dificuldade dos cuidadores em definir quais exercícios realizar (40%; n=20), pela complexidade em estabelecer rotinas sistemáticas (38%; n=19) e pela escassez de atividades apropriadas (36%; n=18). A falta de tempo foi assinalada por 28% (n=14), enquanto 26% (n=13) relataram insegurança para monitorar a evolução auditiva da criança.

A análise categorial temática de Bardin (2016) aplicada às questões abertas permitiu decodificar os fatores qualitativos subjacentes a esses índices, agrupados em três núcleos de sentido:

1. Sobrecarga de rotina e fadiga infantil: Os responsáveis apontaram o desgaste gerado pela sobreposição de terapias clínicas com a rotina escolar, resultando em estresse e

desinteresse da criança no contraturno ("Depois da fono e da escola, ela fica exausta e rejeita qualquer atividade sentada");

2. Insegurança instrumental e técnica do cuidador: Manifestou-se ansiedade quanto à correção dos estímulos executados em casa ("Fico em dúvida se estou estimulando o som de forma certa ou se estou exigindo além do que ela consegue ouvir");
3. Competição com estímulos lúdicos não estruturados: Dificuldade em rivalizar com telas passivas e brincadeiras convencionais ("Ele se dispersa muito rápido e quer o celular só para vídeos de desenho").

Adicionalmente, no que tange aos ambientes acústicos críticos, 56% dos respondentes indicaram recintos com ruído de fundo elevado e 38% apontaram situações de fala concorrente (múltiplos interlocutores simultâneos) como as condições de maior vulnerabilidade perceptiva, alinhando-se aos achados de Saksida et al. (2022) sobre processamento em escuta degradada.

4.3 Demandas funcionais e expectativas quanto ao suporte digital

A prospecção de recursos e atributos demandados pelos familiares forneceu os subsídios diretos para a elicitación de requisitos do sistema assistivo (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Recursos tecnológicos considerados prioritários pelos responsáveis



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Os componentes prioritários concentram-se em habilidades auditivas fundamentais: exercícios de compreensão da fala (78%; n=39), identificação sonora (72%; n=36) e reconhecimento de palavras (68%; n=34). Em consonância, 60% (n=30) demandaram segmentação por faixa etária e 56% (n=28) requisitaram diretrizes e instruções de mediação voltadas especificamente aos familiares.

Quanto aos elementos de engajamento infantil, sobressaíram as interfaces visuais ilustradas (68%; n=34), o formato de micro módulos com atividades curtas (62%; n=31) e a gamificação por meio de jogos interativos (52%; n=26). Simplicidade e facilidade de navegação foram valorizadas por 40% e 38% dos participantes, respectivamente. Esses achados indicam que o interesse da criança na primeira infância depende de estímulos rápidos, altamente visuais e interativos, atenuando a dispersão identificada no item anterior (NICASTRI et al., 2023).

4.4 Mapeamento de experiências prévias com tecnologias assistivas

Constatou-se que 64% das famílias (n=32) nunca haviam utilizado recursos digitais ou aplicativos específicos de treinamento auditivo, enquanto 32% (n=16) relataram experiências pregressas e 4% (n=2) não souberam informar.

Dentre os participantes com vivência prévia, foram citadas plataformas como *Afinando o Cérebro* (n=4), *Wordwall* (n=2), *FonoLu Kids* (n=1) e *Silabando* (n=1), havendo ainda relatos de uso restrito ao consultório fonoaudiológico (n=6). A apreciação qualitativa dessas ferramentas revelou duas limitações centrais:

- **Falta de autonomia domiciliar:** As famílias sentem dificuldade em parametrizar e mediar os exercícios sem a presença física do fonoaudiólogo;
- **Monotonia e baixa adequação lúdica:** Apontou-se rigidez de interfaces e excesso de repetição desprovida de contexto narrativo, provocando rápida desmotivação infantil.

Essas constatações evidenciam uma lacuna no ecossistema de tecnologias assistivas: a escassez de ferramentas projetadas para o uso compartilhado em família, que combinem rigor fonoaudiológico, orientações simplificadas para os pais e elementos lúdicos compatíveis com as capacidades de atenção da criança implantada.

4.5 Síntese diagnóstica e subsídios para a especificação de requisitos

A convergência entre os dados empíricos e a literatura evidencia que a efetividade de um aplicativo assistivo para usuários de implante coclear depende da superação de barreiras operacionais do cotidiano doméstico. Os resultados demonstram a necessidade de um artefato que:

1. Ofereça atividades curtas e gamificadas estruturadas nos eixos de detecção, discriminação e compreensão auditiva;
2. Disponibilize instruções claras de mediação aos pais, permitindo-lhes acompanhar e validar a evolução da criança;
3. Incorpore mecanismos de rotina, como notificações e trilhas de progressão acessíveis.

Essa matriz diagnóstica estabelece as bases conceituais para a especificação detalhada dos requisitos funcionais e não funcionais apresentados a seguir.

5 PROPOSTA DE REQUISITOS PARA A APLICAÇÃO DIGITAL

A partir da articulação entre os desafios identificados na pesquisa de campo, realizada com 50 pais e responsáveis por crianças usuárias de implante coclear, e as recomendações provenientes do levantamento da literatura científica, conduzido com base na adaptação do método ProKnow-C, foi elaborada uma matriz de requisitos para uma aplicação móvel assistiva destinada ao apoio do treinamento auditivo domiciliar. A definição desses requisitos considerou, especialmente, as dificuldades relacionadas à manutenção da atenção infantil, relatada por 44% dos participantes, à seleção de exercícios adequados, indicada por 40%, e à necessidade de orientações para a mediação das atividades pelos responsáveis, apontada por 56%. A matriz foi estruturada em requisitos funcionais e não funcionais, com o objetivo de sistematizar as funcionalidades previstas e estabelecer as condições necessárias ao desenvolvimento da solução, considerando as demandas identificadas na pesquisa e as particularidades do contexto domiciliar. A aplicação proposta apresenta caráter complementar à reabilitação fonoaudiológica, visando oferecer suporte à realização das atividades de treinamento auditivo e favorecer o envolvimento familiar, sem substituir o acompanhamento dos profissionais especializados.

5.1v Requisitos Funcionais (RF)

- **RF01 - Módulo de Exercícios em Micromódulos:** Disponibilizar atividades curtas (duração estimada de 3 a 5 minutos) divididas nas quatro etapas do desenvolvimento auditivo: detecção, discriminação, reconhecimento e compreensão da fala.
- **RF02 - Segmentação por Faixa Etária e Nível de Habilidade:** Permitir a seleção e adaptação automática de exercícios com base na idade da criança (priorizando a faixa de 0 a 6 anos) e no nível de proficiência auditiva.
- **RF03 - Elementos de Gamificação e Feedback Imediato:** Integrar componentes visuais lúdicos, animações, sistema de recompensas virtuais (estrelas/conquistas) e efeitos sonoros claros para reforço positivo imediato após cada acerto.
- **RF04 - Guia de Mediação para os Pais (Modo Cuidador):** Disponibilizar tutoriais breves em texto e áudio/vídeo que instruem o responsável sobre como posicionar a criança, emitir os sons ou realizar os exercícios domiciliares sem ruído concorrente.
- **RF05 - Painel de Progresso e Histórico:** Exibir gráficos e relatórios simplificados com a evolução das atividades concluídas, taxa de acertos e frequência de uso semanal.
- **RF06 - Sistema de Lembretes e Rotina:** Permitir a configuração de notificações personalizadas para alertar os responsáveis sobre o momento das atividades diárias, auxiliando na manutenção da regularidade domiciliar.

5.2 Requisitos Não Funcionais (RNF)

- **RNF01 - Usabilidade e Acessibilidade (Interface Infantil e Parental):** Apresentar interface limpa, intuitiva e com reduzida carga cognitiva, distinguindo a área lúdica de interação da criança da área administrativa do responsável.
- **RNF02 - Fidelidade Acústica:** Os estímulos de áudio gravados devem apresentar alta resolução espectral, ausência de ruído estático de fundo e calibração de volume adequada aos limites de estimulação do implante coclear.
- **RNF03 - Disponibilidade e Execução Offline:** Permitir a realização dos exercícios essenciais mesmo na ausência de conexão ativa à internet, garantindo acesso em diferentes contextos socioeconômicos.
- **RNF04 - Privacidade e Proteção de Dados (LGPD):** Assegurar o armazenamento seguro e o anonimato de dados cadastrais e de desempenho das crianças, em consonância com a legislação vigente.

Em conjunto, os requisitos funcionais e não funcionais estabelecem as diretrizes para a concepção de uma aplicação digital voltada ao apoio do treinamento auditivo domiciliar de

crianças usuárias de implante coclear. A proposta busca integrar atividades auditivas estruturadas, recursos de interação e mecanismos de orientação e acompanhamento, considerando tanto as necessidades do público infantil quanto às demandas dos responsáveis pela condução das atividades no ambiente domiciliar. A sistematização dos requisitos constitui uma etapa inicial para o desenvolvimento futuro da solução, cuja adequação deverá ser examinada por meio de avaliações de usabilidade e da apreciação de profissionais especializados. Reitera-se que a aplicação se destina a complementar a reabilitação fonoaudiológica, permanecendo o acompanhamento clínico sob responsabilidade dos profissionais envolvidos no processo terapêutico.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho identificou as principais barreiras enfrentadas por famílias de crianças usuárias de implante coclear no treinamento auditivo domiciliar, bem como estruturou os requisitos técnicos para uma aplicação digital assistiva focada nessa demanda.

A articulação metodológica entre a seleção bibliográfica estruturada (ProKnow-C) e a investigação empírica com 50 famílias (analisada qualitativamente por meio de Bardin) evidenciou que a maior dificuldade prática reside na manutenção do engajamento e da atenção infantil diante de rotinas exaustivas, somada à insegurança dos cuidadores quanto à correta aplicação e variedade dos exercícios. Constatou-se, ainda, uma escassez de ferramentas digitais projetadas para a mediação conjunta entre pais e crianças, operando muitas vezes em descompasso com as rotinas familiares reais.

A especificação dos requisitos funcionais e não funcionais delineada neste estudo oferece uma diretriz fundamentada para o design e desenvolvimento de softwares em tecnologia assistiva, priorizando micromódulos gamificados, clareza instrucional aos pais e acompanhamento longitudinal da rotina.

Como limitações, ressalta-se a amostra obtida por conveniência e a ausência de desenvolvimento do protótipo e de testes clínicos nesta etapa da pesquisa. Sugere-se, como trabalhos futuros, a implementação computacional do artefato proposto, a avaliação heurística de usabilidade com fonoaudiólogos e famílias, e a condução de estudos longitudinais para mensurar o impacto da ferramenta no desenvolvimento das habilidades auditivas infantis.

7 REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. F. L.; SIQUEIRA, E. C. Perda auditiva e implante coclear. *Revista Eletrônica Acervo Médico*, v. 23, n. 2, p. e12070, 2023. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/medico/article/view/12070>. Acesso em: 19 set. 2026.
- ANDRADE, A. M. DE; PEREIRA, L. S.; FAÇANHA, R. C. Desenvolvimento Auditivo Infantil E Seu Impacto No Desenvolvimento Da Linguagem Oral. **Revista Acadêmica Online**, v. 12, n. 63, p. e2218, 21 jun. 2026. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/407502313_DESENVOLVIMENTO_AUDITIVO_INFANTIL_E_SEU_IMPACTO_NO_DESENVOLVIMENTO_DA_LINGUAGEM_ORAL. Acesso em 05 out. 2026
- ANJOS, K. L. DOS S. *et al.* Perfil clínico-epidemiológico dos pacientes submetidos ao implante coclear em um Hospital Universitário / Clinical-epidemiological profile of patients undergoing cochlear implant in a University Hospital. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 1, p. 2386–2403, 7 fev. 2022. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/43736?utm_source. Acesso em: 03 out. 2026
- ASHORI, M. Impact of Auditory-Verbal Therapy on executive functions in children with Cochlear Implants. **Journal of Otology**, v. 17, n. 3, p. 130–135, jul. 2022. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9270558/?utm_source. Acesso em: 22 set. 2026
- BARDIN, L.** *Análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BERGMAN, A. **Silabando**. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appsbergman.silabando&hl=pt_BR. Acesso em: 10 out. 2026.
- BINOS, P.; NIRGIANAKI, E.; PSILLAS, G. How Effective Is Auditory–Verbal Therapy (AVT) for Building Language Development of Children with Cochlear Implants? A Systematic Review. **Life**, v. 11, n. 3, p. 239, 13 mar. 2021. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7998424/?utm_source. Acesso em: 18 set. 2026.
- BOTELHO, J. B. L. *et al.* **Follow-up of children diagnosed with deafness in a neonatal hearing screening program in Manaus**. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36629711/>. Acesso em: 03 out. 2026
- ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. *ProKnow-C, Knowledge Development Process - Constructivist*. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

HIREMATH, S. B. *et al.* Cochlear Implantation: Systematic Approach to Preoperative Radiologic Evaluation. **RadioGraphics**, v. 43, n. 4, 1 abr. 2023. Disponível em: https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.220102?utm_source . Acesso em: 19 set. 2026

MERAL ÇETINKAYA, M.; KONUKSEVEN, Ö.; İRALI, A. E. **World of sounds (Seslerin Dünyası): A mobile auditory training game for children with cochlear implants.** Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38461681/>. Acesso em: 04 out. 2026

MORADI, M. *et al.* **Family and Rehabilitation of Children with Cochlear Implant: A Qualitative Study.** Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35635343/>. Acesso em: 28 set. 2026

NICASTRI, M. *et al.* **The influence of auditory selective attention on linguistic outcomes in deaf and hard of hearing children with cochlear implants.** Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35831674/>. Acesso em: 28 set. 2026

PROBRAIN SOLUÇÕES NEUROTECNOLOGICAS. Afinando o Cérebro. Disponível em: <https://www.afinandocerebro.com.br/>. Acesso em: 12 out. 2026.

RAUTERKUS, G. *et al.* Conversations in Cochlear Implantation: The Inner Ear Therapy of Today. **Biomolecules**, v. 12, n. 5, p. 649, 29 abr. 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9138212/> . Acesso em: 19 set. 2026.

SAKSIDA, A. *et al.* **Attention to Speech and Music in Young Children with Bilateral Cochlear Implants: A Pupillometry Study.** Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35330071/>. Acesso em: 18 set. 2026

WORDWALL. Interactive Activity Maker for Teachers. Disponível em: <https://wordwall.net/>. Acesso em: 12 out. 2026.